

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-110681
(43)Date of publication of application : 28.04.1998

(51)Int.CI.

F04B 43/02

(21)Application number : 08-264171

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 04.10.1996

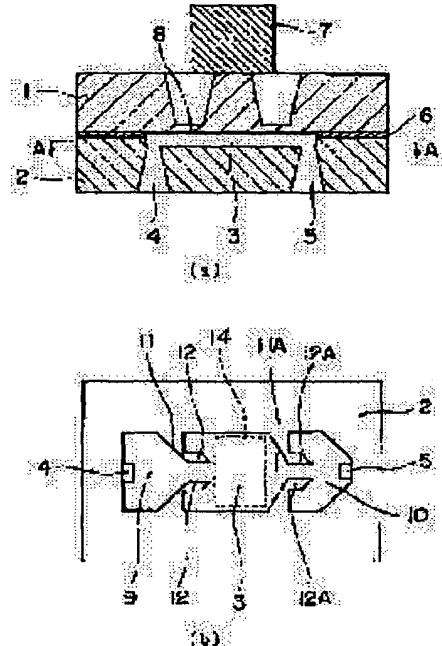
(72)Inventor : KANAMARU MASATOSHI
KOIDE AKIRA
KONO AKIOMI
MIYAKE AKIRA

(54) MICROPUMP AND PUMP SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce influence of processing accuracy of components on performance of a micropump which discharges a minute flow amount.

SOLUTION: A micropump has a first substrate 1 made of silicone and having a diaphragm 8 at least whose one part is oscillated, and a second substrate 2 also made of silicone and connected oppositely to the substrate 1. A pressure chamber 3 is formed on the second substrate oppositely to the diaphragm 8. A nozzle 11 lead to the pressure chamber 3 has a flow passage width made narrower as it is directed to the pressure chamber 3. A nozzle 11A lead to the pressure chamber 3 has a flow passage width made narrower as it is directed to the pressure chamber 3. A pair of projections 12, 12A which elongate in parallel with nozzle center line are formed on the nozzles 11 and 11A at their narrowest portions, while their forms projected to a surface parallel to a diaphragm surface extend inner wall surfaces of the nozzles 11 and 11A.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51)Int. C1.⁶
F 04B 43/02

識別記号

F I
F 04B 43/02

D

審査請求 未請求 請求項の数 6

O L

(全 11 頁)

(21)出願番号 特願平8-264171

(22)出願日 平成8年(1996)10月4日

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 金丸 昌敏
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 小出 晃
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 河野 顯臣
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(74)代理人 弁理士 鵜沼 辰之

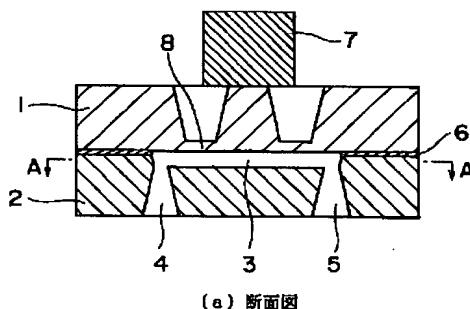
最終頁に続く

(54)【発明の名称】マイクロポンプおよびポンプシステム

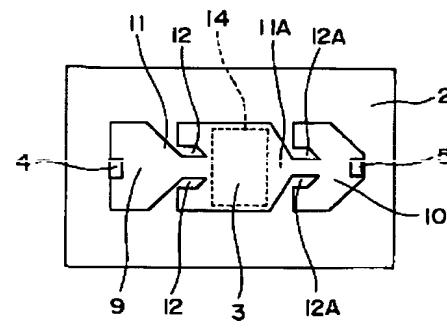
(57)【要約】

【課題】 微小な流量を吐出するマイクロポンプにおいて、ポンプの性能に対する構成部材の加工精度の影響を低減する。

【解決手段】 少なくとも一部分が振動するダイアフラム8を有するシリコンで構成された第1の基板1と、前記基板1と対向して接合された同じくシリコンで構成された第2の基板2と、を含んでマイクロポンプを構成し、前記第2の基板の前記ダイアフラム8に対向する位置に圧力室3を形成するとともに圧力室3につながるノズル11を圧力室3に向かって流路幅が狭くなる形に形成し、同じく圧力室3につながるノズル11Aを圧力室3から離れるにつれて流路幅が狭くなる形に形成し、ノズル11及びノズル11Aが最も狭まった位置に、前記ダイアフラム面に平行な面に投影した形状がノズル11及びノズル11Aの内壁面を延長するように、ノズル中心線に平行に伸びる各一对の突起部12, 12Aを設けた。



(a) 断面図



(b) 平面図

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも一部分に板厚方向に振動するダイアフラムを有する第1の基板と、前記第1の基板に對向しあつ接して配置された第2の基板と、前記ダイアフラムを壁面の少なくとも一部として第1の基板及び第2の基板の間に形成された圧力室と、この圧力室につながる少なくとも2個の流路とを有してなり、前記第1の基板のダイアフラムを振動させることにより圧力室の体積を変化させ、取扱流体が前記体積変化により前記圧力室に流入するときの流体抵抗と圧力室から流出するときの流体抵抗の差を利用して流体を吐出するバルプレスマイクロポンプにおいて、前記圧力室もしくは圧力室につながる流路に、ダイアフラム面に平行な面内で少なくとも一対の突起部を設けたことを特徴とするマイクロポンプ。

【請求項2】 前記突起部は流路もしくは圧力室の中心線に対して対称でかつ流体が流れる方向に伸びていることを特徴する特許請求項1に記載のマイクロポンプ。

【請求項3】 前記圧力室が直列に複数個配置されることを特徴とする請求項1または2に記載のマイクロポンプ。

【請求項4】 前記第1の基板及び第2の基板の材質にシリコンを用いることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載のマイクロポンプ。

【請求項5】 前記第2の基板の、前記第1の基板に接する面と反対側の面に接して第3の基板が配置され、この第3の基板の前記第2の基板と反対側の面に接して第4の基板が配置され、前記第3の基板と第4の基板の間に、前記圧力室に通する流路が形成されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載のマイクロポンプ。

【請求項6】 それぞれ異なる液体を蓄える複数の貯槽と、この貯槽それぞれにフィルタを介して吸込側が接続された複数のマイクロポンプと、この複数のマイクロポンプの吐出側に混合器を介して接続された分析手段と、を含んでなるマイクロポンプシステムにおいて、前記マイクロポンプが前記請求項1乃至5のうちのいずれかに記載のマイクロポンプであることを特徴とするマイクロポンプシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は医療、化学分析等に用いるための微量流体供給装置に係り、特に流体流量を高精度に制御するためのマイクロポンプの構造及びこのマイクロポンプを用いるポンプシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、微量な液体を送液するポンプには数多くの原理が存在するが、本発明と同様に流体の抵抗を利用したバルプレスマイクロポンプとして、例えばMicro ElectroMechanical Systems (1996) 378頁から383

頁、およびMicro ElectroMechanical Systems

(1996) 479頁から484頁に記載されている。両方式ともシリコン基板の一平面上に、二つのチャンバーおよびこのチャンバーに接続された開口角の異なるディフューザまたはノズルを異方性エッチングもしくはドライエッチングを用いて加工し、その後、前記シリコン基板のエッチングされた側の面をガラス基板と陽極接合してポンプを形成している。ポンプの吸込側にはポンプに向かって流路幅が広がる流路が、吐出側にはポンプに向かって流路幅が狭まる流路が、それぞれ形成される。

【0003】 ポンプは、並列して各独立に形成された二つのチャンバーの壁面を構成するダイアフラムを、互いに反対の位相で交互に動かす（振動させる）ことで送液を行う。この時、ダイアフラムを駆動（振動）させるのにバイモルフタイプの圧電ディスクを用いている。チャンバーが二つあるのは脈動を軽減するためである。

【0004】 ポンプの作動原理は次のとおりである。ダイアフラムが下に変位した場合、つまりチャンバーの容積が減少しチャンバー内の流体が外に向かって押し出される場合は、チャンバの入口側はノズルとして機能しチャンバの出口側はディフューザとして機能するため、出口側に比較して入口側の流体抵抗が大きくなり、入口側から外に向かって流出する液体量より出口側のディフューザの方から流出する液体の量が多くなる。逆にダイアフラムが上に変位した場合、つまりチャンバーの容積が増大しチャンバー内の圧力が低下して外部の流体がチャンバー内に向かって流入する場合は、チャンバの出口側はノズルとして機能しチャンバの入口側はディフューザとして機能するため、入口側に比較して出口側の流体抵抗が大きくなり、入口側から流入する液体の方が出口側から流入する液体の量より多い。そのため全体としてディフューザ方向に液体が流れる。ディフューザの役目は流速を吐出圧に変換することである。ディフューザの入口の幅は20~80マイクロメータである。また、ディフューザの最適角度は $2\theta = 4$ 度であると記載されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 従来の技術では、ディフューザの効率とノズルの効率がディフューザまたはノズルの角度によって大きく変化し、圧力を上昇させるためにノズルよりディフューザの効率が高い領域を用いているが、その領域は狭く、その最適角度は先に述べたように、 $2\theta = 4$ 度である。また、ディフューザまたはノズルの入口と出口の適正な寸法比が小さく、前に記載したようにディフューザまたはノズルの最適角度が小さいため、ディフューザまたはノズルの寸法を小さく設計している。そのため加工精度が直接性能に影響する可能性がある。さらに、前記ポンプにおいては流体抵抗部での流速が速くなるため、キャビテーションが起こりやすい。そのため、キャビテーションが発生しない領域でしかポンプの駆動周波数を変化できない課題があった。

40 【発明が解決しようとする課題】 従来の技術では、ディフューザの効率とノズルの効率がディフューザまたはノズルの角度によって大きく変化し、圧力を上昇させるためにノズルよりディフューザの効率が高い領域を用いているが、その領域は狭く、その最適角度は先に述べたように、 $2\theta = 4$ 度である。また、ディフューザまたはノズルの入口と出口の適正な寸法比が小さく、前に記載したようにディフューザまたはノズルの最適角度が小さいため、ディフューザまたはノズルの寸法を小さく設計している。そのため加工精度が直接性能に影響する可能性がある。さらに、前記ポンプにおいては流体抵抗部での流速が速くなるため、キャビテーションが起こりやすい。そのため、キャビテーションが発生しない領域でしかポンプの駆動周波数を変化できない課題があった。

【0006】本発明の課題は、マイクロポンプの構造を、加工精度が低くともポンプ性能への影響が小さい構造とするにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記課題を解決するために、少なくとも一部分に板厚方向に振動するダイアフラムを有する第1の基板と、前記第1の基板に対向しつつ接して配置された第2の基板と、前記ダイアフラムを壁面の少なくとも一部として第1の基板及び第2の基板の間に形成された圧力室と、この圧力室につながる少なくとも2個の流路とを有してなり、前記第1の基板のダイアフラムを振動させることにより圧力室の体積を変化させ、取扱流体が前記体積変化により前記圧力室に流入するときの流体抵抗と圧力室から流出するときの流体抵抗の差を利用して流体を吐出するバルブレスマイクロポンプにおいて、前記圧力室もしくは圧力室につながる流路に、ダイヤフラム面に平行な面内で少なくとも一対の突起部を設けたことを特徴とする。より詳細には、前記突起部は流路もしくは圧力室の中心線に対して対称でかつ流体が流れる方向に伸びているのが望ましい。このような構造を用いることにより、前記従来方法のようにディフューザまたはノズルを用いる必要がない。そのため、適正な角度および入口と出口の寸法比を求める必要がなく、加工精度が直接性能に影響しない。また、本方式では流体抵抗部において流速が急激に上昇する部分がないためポンプの駆動周波数を増加させてもキャビテーションが起こりにくく。

【0008】また、本発明のマイクロポンプの圧力室を直列に配置するか、もしくは本発明のマイクロポンプを入口と出口を一方所にして並列に配置し、各基板の駆動を制御することにより圧力および流量を広範囲に得ることが可能である。

【0009】基板を加工して圧力室を形成するには、基板をシリコン基板とし、シリコンの異方性エッティングまたはドライエッティングを用いて形成すればよい。

【0010】また、圧力室を第1、第2の二つの基板で構成し、圧力室に通ずる流体流路を前記二つの基板に接合した第3、第4の基板内に形成するようにしてもよい。

【0011】さらに、それぞれ異なる液体を蓄える複数の貯槽と、この貯槽それにフィルタを介して吸込側が接続された複数のマイクロポンプと、この複数のマイクロポンプの吐出側に混合器を介して接続された分析手段と、を含んでなるマイクロポンプシステムにおいて、前記マイクロポンプを前記請求項1乃至5のうちのいずれかに記載のマイクロポンプとしてもよい。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態に関し、図1乃至図15を参照して説明する。本発明の第1の実施例に関するマイクロポンプの構造について、図1を用いて

説明する。図1(a)にポンプの断面図、図1(b)にポンプの平面図をそれぞれ示す。本実施例のマイクロポンプは、図1(a)に示すように、ダイアフラム8が形成された第1の基板1と、第1の基板1の前記ダイアフラムが形成されている面に接合して配置された第2の基板2と、第1の基板1の前記ダイアフラムに接合して配置され該ダイアフラム8を図上上下方向(基板面に垂直の方向)に振動させるアクチュエータ7と、を含んで構成されている。

10 【0013】第2の基板2には、第1の基板1に面する側の前記ダイアフラム8に対向する位置に基板面から一様な深さに彫りこまれたくぼみをなす圧力室3が形成され、圧力室3の図上左側に第1の室9が、圧力室3の図上右側に第2の室10が、いずれも圧力室3と同じ深さに形成されている。第1の室9と圧力室3は、圧力室3に向かって流路幅が狭くなるノズル11で接続され、圧力室3と第2の室10は、第2の室10に向かって流路幅が狭くなるノズル11Aで接続されている。ノズル11及びノズル11Aの基板面からの彫りこみ深さは、前記圧力室3、と同じになっている。また、第1の室9の圧力室3から遠い側の端部には、第2の基板2の第1の基板1と反対側の面に開口する流路である入口4が接続され、第2の室10の圧力室3から遠い側の端部には、第2の基板2の第1の基板1と反対側の面に開口する流路である出口5が接続されている。すなわち、入口4は第1の室9、ノズル11を介して圧力室3に連通し、圧力室3はノズル11A、第2の室10を介して出口5に連通している。

【0014】前記第1の基板にダイアフラム8を形成する加工および第2の基板に圧力室3、第1の室9、第2の室10、ノズル11、11A、入口4、出口5を形成する加工は、半導体の製造に用いるホトリソプロセスおよびシリコンの異方性エッティングにより行った。より詳細には第1の基板および第2の基板とも3インチ(100)シリコンウエハの厚さ220μmのものを用いた。前記、シリコンウエハは厚さが220μmより厚いものを用いても、厚さが220μmより薄いものを用いてもマイクロポンプとして強度的に問題がなければよい。

【0015】第1の基板の加工プロセスは、次のとおりである。始めにシリコンウエハの両方の表面に熱酸化膜6を1.5μm程度の厚さに形成し、そこにホトリソグライフィー技術により、ダイアフラムのマスクパターンを片面に転写する。次に、パターンを転写した熱酸化膜6をマスクにして40wt%水酸化カリウム水溶液(67°C)を用いてシリコンの異方性エッティング加工を行う。異方性エッティング加工とはシリコンの結晶面、例えば、(111)面とその他の結晶面でエッティング速度が1:200程度異なることを利用して構造体を加工するものである。図1(a)では、ダイアフラム8の中央部分がエッティングされないで残っているが、これは、ダイアフ

ラムを振動させるアクチュエータ7に接合する部分である。

【0016】第2の基板の加工プロセスは、次のとおりである。始めにシリコンウエハの両方の表面に熱酸化膜6を0.5μm程度の厚さに形成し、そこにホトリソグラフィー技術により、圧力室3と流路（第1の室9、ノズル11、第2の室10、ノズル11A）のマスクパターンを片面に転写する。次に、パターンを転写した熱酸化膜6をマスクにして40wt%水酸化カリウム水溶液（67°C）を用いてシリコンの異方性エッティング加工を行い、基板面からの深さが15μmの圧力室と流路を形成する。その後、再度シリコンウエハの両方の表面に熱酸化膜6を1.5μmの厚さに形成し、そこにホトリソグラフィー技術により、圧力室が形成されていない面に、入口と出口のマスクパターンを転写する。次に、パターンを転写した熱酸化膜をマスクにして40wt%水酸化カリウム水溶液（67°C）を用いてシリコンの異方性エッティング加工を行い、入口4と出口5となる流路をウエハ内に形成した。

【0017】本実施例のマイクロポンプでは、流体に気体のような圧縮性流体もしくは水のような非圧縮性流体のどちらも用いることができる。その場合、圧縮性流体を用いる時には圧力室の深さ（基板面からの影りこみ深さ、以下同じ）はダイアフラムの変位量だけ加工してあれば良いが、非圧縮性流体を用いる場合にはさらに圧力室の深さを深く加工してもポンプとして機能する。なお、圧力室および圧力室につながる入口および出口の流路等は第2の基板だけでなく第1の基板に形成してもよい。なお、本ポンプはバルブレスポンプであるため、従来、バルブもしくは逆止弁において生じたような、バルブの移動量が小さいことに起因して液体中の微粒子等がバルブにひっかかる現象が起こる心配はない。

【0018】前記第1の基板と第2の基板はシリコン熱酸化膜6を介してシリコン同士が直接接合されている。前記、直接接合とはクラス10程度のクリーンな雰囲気で洗浄したシリコンウエハ同士を水素結合を用いて貼り合わせ、その後無加圧で高温熱処理を行う接合法である。本発明のマイクロポンプの第1、第2の基板は、第1の基板および第2の基板のそれ自身に形成された熱酸化膜6を用いて、両基板の接合面を洗浄後、クラス10の雰囲気で貼り合わせ1150°Cで2時間高温熱処理を加えて接合した。また、アセンブルに必要な位置合わせは治具を用いてチップの外側で行った。その他の位置合わせ方法として、例えば、ウエハ上にマーカーを形成し偏光顕微鏡または赤外線顕微鏡を用いてウエハサイズもしくはチップサイズで位置合わせを行う方法を用いてよい。

【0019】なお、第1の基板および第2の基板の接合は、直接接合にかぎらずその他の接合法、例えば、表面に金の薄膜を形成し加熱して行う、金—シリコン共晶接

合、表面にアルミニウムの薄膜を形成し加熱して行う、アルミニウム—シリコン共晶接合、接合面に金属を挟んで拡散を利用して接合を行う拡散接合、イオンビームまたはアトムビームを用いて真空中で接合表面を活性化しながら接合を行う表面活性化接合を適用してもポンプの機能に支障はない。

【0020】また、第1の基板1のダイアフラム8にはダイアフラムを上下に振動させるためにアクチュエータ7が接合されている。本実施例においては、前記アクチュエータ7には積層型の圧電素子を用いた。なお、前記アクチュエータは本ポンプのダイアフラム部だけが可動するように上部は治具によって固定されている。

【0021】本実施例のマイクロポンプのダイアフラムを駆動もしくは振動させるための方式は圧電素子にかぎらず、永久磁石と電磁石を用いて磁気力を利用した方式、静電気力を利用した方式等を用いることができる。

【0022】図1(b)の平面図を用いて第2の基板2に形成した構造体の構成について説明する。なお、本平面図は第2の基板2を図1(a)の図上上方、すなわちダイアフラム8の振動方向、言い替えると基板面に垂直な方向から見たものである。シリコン基板（第2の基板）に入口4と出口5を配置し、それらと流路でつながっている圧力室3が配置されている。圧力室3の入口側に第1の室9が、出口側に第2の室10が設けられている。圧力室3の流体が吐出される出口側に第2の室10とつながるノズル11Aが配置され、該第2の室10の入口側に一对の突起12Aが形成されている。また、第1の室9の出口側に圧力室3の入口側とつながるノズル11が配置され、圧力室3の入口側に一对の突起12が形成されている。

【0023】突起12は、その形状をダイアフラム8に平行な面に垂直に投影したとき、ノズル11が圧力室3につながる位置（ノズルの流路幅が最も狭い位置）の流路両側面を圧力室3内部に向かって、ノズル11中心線に平行に、かつノズル11中心線に対して対称な形をなして延長する形に形成され、その先端部は矢印状に、ノズル11中心線から離れるほど第1の室9側に近づくように傾斜してとがった形になっている。同様に、突起12Aは、ノズル11Aが第2の室10につながる位置（ノズルの流路幅が最も狭い位置）の流路両側面を第2の室10内部に向かって、ノズル11A中心線に平行に、かつノズル11A中心線に対して対称な形をなして延長する形に形成され、その先端部は矢印状に、ノズル11A中心線から離れるほど圧力室3側に近づくように傾斜してとがった形になっている。突起12、12Aは、圧力室3や第2の室10をエッティングして形成する際に、エッティング加工を行わないで基板面をそのまま残すことで形成されており、圧力室3や第2の室10の図上、左側端面（上流側端面）から、下流側に向かって突出した形になっている。

【0024】また、本発明において、ダイアフラムによって圧力室の体積を変化させるための良好な範囲は、同図(b)の点線部14、つまり、前記突起12がある部分を除外した部分である。

【0025】本発明のポンプ原理を図2に示す。以下の説明では、便宜上、ダイアフラム8が圧力室3の上方にあり、流体は図上左方下部の入口4から吸入され、図上右方下部の出口5から吐出されるものとした。本ポンプは、圧力室上部のダイアフラムの変位(振動)により圧力室3の体積を増減することで流体を入口側から吸入し出口側に吐出する。

【0026】図2(a)はダイアフラムが上方に変位した場合の流体の動きを示した第2の基板2を上方から見た平面図である。ダイアフラムが上方に変位した場合、圧力室3の体積が増加して圧力室3内の圧力が低下するため、流体は入口4および出口5の両方から吸入される。入口4から吸入された吸入量13aは、第1の室9の吸入抵抗の小さいノズル11を通って圧力室3に吸入される。一方、出口5から吸入された吸入量13bは、第2の室10の吸入抵抗の大きい突起12Aのある部分を突起12Aに対して逆行する方向に通って圧力室3に吸入される。この際、入口4方向から圧力室3への吸入抵抗は小さく出口5方向から圧力室3への吸入抵抗は大きいため、入口4からの吸入量13aは出口5からの吸入量13bよりも大きくなる。言い方を変えると、第1の室9からは、第1の室9の幅全体の流体がノズル11に滑らかに導かれるが、第2の室10からは、一対の突起12Aで挟まれた流路幅にちょうど流れ込んだ流体は圧力室3に導かれるが、突起12Aで挟まれた流路幅から外側の外れた流れはわきににそれてしまい、圧力室3に流れないのである。

【0027】また、図2(b)は、ダイアフラムが下方に変位した場合の流体の動きを示した第2の基板2を上方から見た平面図である。ダイアフラムが下方に変位した場合、圧力室の体積が減少して圧力室3内の圧力が上昇するため、流体は入口4および出口5の両方へ吐出される。圧力室3から第2の室10へ吐出された吐出量13dは、圧力室3の吸入抵抗の小さいノズル11Aを通って第2の室10に吐出される。一方、圧力室3から第1の室9へ吐出される吐出量13cは、圧力室3の吸入抵抗の大きい突起12のある部分を突起12に対して逆行する方向に通って第1の室9へ吐出される。この際、圧力室3から出口5方向への吐出抵抗は小さく、圧力室3から入口4方向への吐出抵抗は大きいため、出口5方向への吐出量13dは入口4方向への吐出量13cよりも大きくなる。

【0028】本実施例のマイクロポンプでは、圧力室上部のダイアフラムの上下1回の変位による吐出量 ΔQ は(1)式で与えられ、ダイアフラムの上下の変位数に比例して流量を増加させることができるので流体を入口側から

出口側に吐出することができる。

【0029】

$$\Delta Q = 13a - 13b = 13d - 13c \dots\dots\dots (1)$$

図1に示したマイクロポンプを用いてポンプ性能について調査した。ダイアフラムポンプを駆動させるアクチュエータに圧電素子を用い、流体には非圧縮性流体である水を用いた。ダイアフラム部の寸法は5mm角のものを用いた。図3に吐出圧力と駆動周波数との関係を示す。駆動周波数の増加にともなって吐出圧力が比例して増加し、駆動周波数2000Hzで0.008MPaの吐出圧力が得られた。図4に吐出流量と駆動周波数の関係を示す。図中のtはダイアフラムの変位量を示している。同図より駆動周波数が増加すると吐出流量も増加する結果が得られた。また、変位量tが大きくなるにしたがって吐出流量が増加する結果が得られた。また、流体に空気を適用した場合にも圧電素子の駆動周波数の増加にともなって圧力および流量が増加する結果が得られた。本方式では従来方法のようなディフューザまたはノズルを用いていないため、ポンプを小形化した場合にも加工精度

10 が直接性能に影響しなかった。また、本方式では流体抵抗部において流速が急激に上昇する部分がないためポンプの駆動周波数を増加させてもキャピテーションは起こらなかった。

【0030】本発明の第2の実施例のマイクロポンプについて図5を用いて説明する。本実施例が前記第1の実施例と異なるのは、第1の基板1aを一部だけ薄くしてその部分をダイアフラムとして用いるのではなく、均一な厚みの第1の基板1aをそのままダイアフラムとして適用した点であり、その他の構成は前記第1の実施例と同じなので詳細な説明は省略する。この方式ではポンプ基板(第1の基板1a)の外部からダイアフラム部をアクチュエータ7によって駆動もしくは振動させる。圧力室3には前記実施例と同様に本発明の流体抵抗を起こす突起部がある流路が形成されており、入口4から流入した流体はアクチュエータ7の駆動によって出口5から吐出される。前記第1の基板1aの材質にはシリコン、ガラス、金属薄膜を用いることができる。ガラスは特にアルミノケイ酸ガラス等のガラス組成にナトリウムが含有されているガラスがよい。また、金属薄膜は例えば、ニッケル、タンクステン、各種金属の合金等の圧延材料もしくは金属スパッタ膜、蒸着膜を用いることができる。なお、金属スパッタ膜、蒸着膜は材料強度が小さいため、非常に小さな流体を扱う大きさ1mm以下のマイクロポンプのダイアフラムとして用いるとよい。第1の基板1aと第2の基板2の接合に関しては、第1の基板1aにアルミノケイ酸ガラス、第2の基板にシリコンを用いた場合は、両基板を400°Cに加熱した状態で800Vの電圧を印加して接合する陽極接合を行うとよい。また、第1の基板1aにアルミノケイ酸ガラス以外のガラスもしくは金属薄膜を用い、第2の基板2にシリコンを

用いた場合は金ーサリコン共晶接合、アルミニウムーサリコン共晶接合、接合面に金属を挟んで拡散を利用して接合を行う拡散接合、イオンビームまたはアトムビームを用いて真空中で接合表面を活性化しながら接合を行う表面活性化接合を適用できる。ただし、接合面にインサート材15を挟む場合は圧力室3の高さ量すなわちアセンブル後のギャップ量がインサート材15の厚さ分だけ変化するので、圧縮性流体を用いる場合はギャップ量の変化量も計算に入れて設計すればよい。

【0031】本発明の第3の実施例のマイクロポンプについて図6を用いて説明する。本実施例は前記と同様に第1の基板1aをそのままダイアフラムとして適用しているが、本実施例が前記第2の実施例と相違する点は、第2の実施例のアクチュエータ7に代えて、本実施例では第1の基板1aおよび第2の基板2の両基板を電子回路16によって電気的に制御することにより、静電引力を利用してダイアフラム部を上下方向に駆動もしくは振動させるようにし、第1の基板1aと第2の基板2の間に絶縁膜30を介在させたことである。その他の構成は前記第2の実施例と同じなので詳細な説明は省略する。この方式では静電気を用いているため、例えば、ガラスのような絶縁膜30が第1の基板と第2の基板の間に必要である。前記第1の基板1aの材質にはシリコン、金属薄膜等の導電性材料を用いることができる。また、第2の基板にはシリコンを用いるとよい。さらに、両基板にシリコンを適用すると制御回路を作り込むことができる利点もある。この他にアクチュエータとしてバイモルフ素子もしくはバイメタル素子を第1の基板に適用することができる。

【0032】以上に述べた各実施例は図7に示す第4の実施例のように、シリコン基板を4層に形成することによりマイクロポンプとマイクロ流路を一体に形成することができる。複雑な流路が必要な場合はさらに多層に形成することができる。本実施例では、前記第1の実施例のポンプに加え、第3の基板である流路基板17が前記第2の基板2の入口4、出口5が形成された面に接合され、流路基板17の前記第2の基板2と反対側の面に第4の基板である流路基板18が接合されている。流路基板17、18は前記第2の基板2よりも大きく、第2の基板2に接合されていない基板面が残っていて、流路基板17には、第2の基板2の入口4、出口5に対応する位置に板厚方向に貫通する開口（入口4A、出口5A）が形成されているとともに、第2の基板2に接合されていない基板面に、板厚方向に貫通する二つの開口（入口4B、出口5B）が形成されている。第4の基板である流路基板18の前記流路基板17に接合される面には微細なマイクロ流路19、19Aが形成されており、マイクロ流路19は流路基板18の流路基板17の入口4Aと入口4Bに対応する位置を結ぶように、マイクロ流路19Aは流路基板18の流路基板17の出口5Aと出口

5Bに対応する位置を結ぶように、それぞれ配置されている。

【0033】アクチュエータの駆動により、流路基板17の前記第2の基板への接合部から外れた位置にある入口4Bから流入した流体は、マイクロポンプおよびマイクロ流路19、19Bを通って、出口5Bへ吐出される。このような構造を形成することにより、図8に示すように、流路基板17の前記第2の基板への接合部から外れた位置に流体タンク20を搭載したポンプシステムができる。この方式ではホースを使用する部分が少ないため、例えば、分析用の試薬を流体に用いる場合には使用量を少なくできる。また、分析用の試薬供給ポンプや微小な範囲だけを冷却する冷却ポンプに用いることができる。前記に示した多層のシリコン基板では強度は十分であるが、シリコンは脆性材料であるため、衝撃に弱い。そのため、多層シリコン基板の両側に厚さ0.5mmのガラス（図示せず）を陽極接合によって接合させた結果、衝撃力が増加した。

【0034】図9に本発明のマイクロポンプを用いた第5に実施例である化学分析システムの系統図（フローチャート）の一例を示す。本システムは、容器41にフィルタ24Aを介して接続されたマイクロポンプ25Aと、容器42にフィルタ24Bを介して接続されたマイクロポンプ25Bと、容器43にフィルタ24Cを介して接続されたマイクロポンプ25Cと、容器44にフィルタ24Dを介して接続されたマイクロポンプ25Dと、マイクロポンプ25Cの吐出流体とマイクロポンプ25Dの吐出流体を混合する混合器26Bと、マイクロポンプ25Bの吐出管31と混合器26Bの出口管32に接続されて両者から送りこまれる流体を混合する混合器26Aと、吐出管31とマイクロポンプ25Aの吐出口を連通する吐出管33と、混合器26Aの出側に接続されたレーザ分析系27と、レーザ分析系27の出側に接続された廃液タンク28と、を含んで構成されている。マイクロポンプ25A～25Dには、前記第1の実施例に記載されたものを用いている。容器41には洗浄液21が、容器42には試料22が、容器43、44には試薬23A、23Bが、それぞれ収容されている。試薬23A、23Bは通常混合して使用されるから、出口管32は洗浄の必要はない。

【0035】分析する試料22は容器42からマイクロポンプ25Bによって適量吸い上げられる。一方、分析用の試薬23は容器43からフィルタ24Cを介してマイクロポンプ25Cによって適量吸い上げられ、混合器26Aで試料22と混合され、レーザ分析系27において成分分析された後、廃液タンク28に集められる。また、分析が一度終了すると、吐出管31及び混合器26Aとレーザ分析系27を結ぶ流路内は、洗浄液21によって洗浄される。本発明のマイクロポンプを用い、ポンプと流路やレーザ分析系を搭載した検出系を一体化もし

くはシステム化することにより、従来大きなシステムであった化学分析装置を持ち運びが可能な大きさまで小型化することが可能となる。

【0036】次に、第2の基板2に形成した圧力室および流路に関する他の実施例について図10ないし図11を用いて説明する。本発明のマイクロポンプにおいては原理上、入口から吸入する流体が流体抵抗を受けずに圧力室に吸入されればよい。したがって、図10に示す第6の実施例のように、第1の室を独立した区画でなく流路29の形状に変えてもマイクロポンプとして用いることができる。

【0037】本発明によればかならずしも圧力室に突起を形成する必要はない。図11に示す第7の実施例のように、圧力室3の両側に延長して設けた流路に突起12、12Aを形成した場合もポンプ作用を起こすことができる。実験の結果ポンプ作用を確認することができた。このような構造とすることにより、非常に小さな2mm角のマイクロポンプを形成することができた。

【0038】図12は本発明に係る圧力室、流路もしくは第2の室に形成した突起の形状に関するものである。図は圧力室3に形成した突起の形状を示しており、図12(a)は突起の先端が鋭利な形状、図12(b)は突起の先端が角ばった形状、図12(c)は突起の先端が丸い形状を示している。実験の結果、どの先端形状とも流体抵抗として機能し、ポンプ作用が確認できた。なお、突起は流路もしくは圧力室の中心線に対して対称でかつ流体が流れる方向に伸びていてかつ流体が流れる方向に並行に配置された突起構造が最も効率が良好であった。

【0039】本発明の第2の基板に形成した圧力室および流路に関する第8の実施例について図13を用いて説明する。図13は前記第2の基板2に形成したポンプ構造を3個並列に配置したものである。図に示すように3個のポンプは入口4と出口5が同一であり、点線で示す部分がダイアフラムによって体積が変化する部分を示す。このような構造を用いることにより大流量を得るためのマイクロポンプとして用いることができる。また、入口と出口を同一にして本発明のポンプ構造を複数個配置することにより流量範囲を自由にコントロールすることが可能である。さらに、入口と出口を別々にして本発明のポンプ構造を複数個配置することにより、他種類の流体を一つのポンプユニットとして扱うことができため、化学分析装置等のマイクロポンプとして適している。

【0040】さらに、前記、ポンプユニットと流路やレーザ光学系を搭載した検出系を一体化もしくはシステム化することにより、従来大きなシステムであった化学分析装置を持ち運びが可能な大きさまで小型化することができる。一方、ポンプを小型化すること

により、分析に用いる試葉および廃液処理量を減少させることができ、装置が小さいためメンテナンスフリーで環境にやさしいポータブルタイプの小形化学分析装置を提供できる。なお、このような化学分析用に適用するマイクロポンプは接合部を含め耐薬品性の高い材料が好ましい。また、耐薬品性の低い材料を適用する場合は流体が流れる流路表面に耐薬品性の材料、例えば、ポリテトラフルオロエチレン等の薄膜を用いるとよい。

【0041】本発明の第2の基板に形成した圧力室および流路に関する第9の実施例について図14を用いて説明する。図14は第2の基板2に入口4と出口5の間に圧力室3を3個直列に配置したものである。点線で示す部分がダイアフラムによって体積が変化する部分を示す。このような構造を用い、ダイアフラムの駆動を電気回路により制御することにより高圧力を得ることができた。また、圧力室を複数個配置することにより圧力範囲を自由にコントロールすることが可能であった。この他に圧力室の底面に幅5μm、深さ5μmの細いスクリーブラインを流れ方向に形成した結果、圧力を上昇させることができた。また、圧力室の両側に前記図11に示すような流路を段階的に流路幅を変えて3段階に設け、各流路に本発明の突起部を各1個所、入り口側、出口側でそれぞれ3箇所設けた方式ではポンプの圧力を上昇させることができた。さらに、上記各実施例では、一つの圧力室には入口、出口に各一对の突起部を設けたが、圧力室に入口、出口となるノズルを各複数個設け、ノズルごとに本発明の突起部を設けることにより、さらに高圧力が得られた。

【0042】本発明においては第2の基板に形成するポンプ構造は直線形状にかぎらず図15に示す第10の実施例のように曲線形状であっても、ポンプとして用いることができる。このポンプ構造では角部のような部分がないため、圧力室内を流れる流体によどみ等が起きず、流体抵抗が小さくなるためなめらかに流体を流すことができる。前記のポンプ構造は反応性イオンエッティング装置を用いて、深さ5μm程度シリコン部のエッティング加工を行った。加工条件はガスに六フッ化イオウ(SF6)とトリフルオロメタン(CHF3)を用い、RF投入電力100W、真空中度40Paでマスク材にフォトレジストを用いた。前記マスクはレジスト以外に例えば、アルミニウム、白金、ニッケル等の金属薄膜をスパッタもしくは蒸着によって形成したものを用いてもよい。

【0043】前記各実施例において、ポンプと流体を供給するための外部との接続は、例えば、ホース等による接続が考えられるが、ポンプ材料にシリコンを用いた場合には入口もしくは出口にホース挿入用の穴を形成する方法、異方性エッティングによってホース挿入用の突起を形成する方法を用いるとよい。

【0044】前記各実施例における第2の基板の材質は、シリコンを用いて形成する方法が精度および量産性

の点から最もよいが、本発明ではこの他に第2の基板に金属材料やプラスチック材料を用いてマイクロポンプを形成することができる。例えば、ステンレス鋼などの金属材料を用いる場合、圧力室もしくは流路等をプレス加工やコイニング加工等の金型を用いた転写加工を行うとよい。また、プラスチック材料を用いる場合、射出成形を用いるとよい。

【0045】

【発明の効果】本発明のマイクロポンプによれば、厳密な加工精度を要求されないため量産性に優れしており、複雑な微小流路との整合性にも優れている。そのため低コストのマイクロポンプを供給することができる。また、圧力および流量範囲が広範囲であり高性能なマイクロポンプを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示す断面図及び平面図である。

【図2】図1の実施例における流体の流れを示す平面図である。

【図3】本発明の実施例の吐出圧力と駆動周波数の関係を示すグラフである。

【図4】本発明の実施例の吐出流量と駆動周波数の関係を示すグラフである。

【図5】本発明の第2の実施例を示す断面図である。

【図6】本発明の第3の実施例を示す断面図である。

【図7】本発明の第4の実施例を示す一部断面を示す斜視図である。

【図8】図7に示す実施例の外観を示す斜視図である。

【図9】本発明の第5の実施例を示す系統図である。

【図10】本発明の第6の実施例を示す平面図である。

【図11】本発明の第7の実施例を示す平面図である。

【図12】本発明における突起の形状の例を示す平面図

である。

【図13】本発明の第8の実施例を示す平面図である。

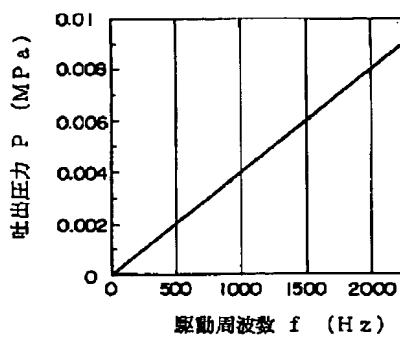
【図14】本発明の第9の実施例を示す平面図である。

【図15】本発明の第10の実施例を示す平面図である。

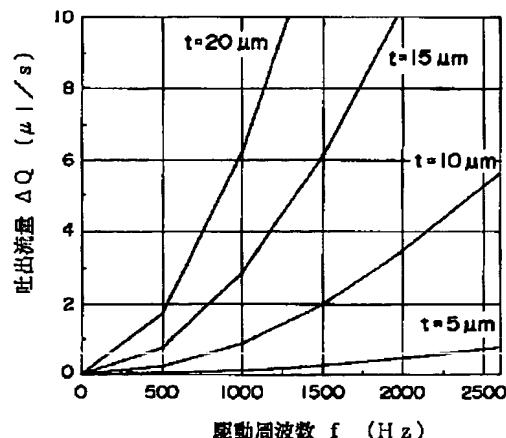
【符号の説明】

| | | | |
|-----------|------------|-----------|------------|
| 1, 1a | 第1の基板 | 2 | 第2の基板 |
| 3 | 圧力室 | 4, 4A, 4B | |
| 10 | 入口 | | |
| 5, 5A, 5B | 出口 | 7 | アクチュエータ |
| 8 | ダイアフラム | 9 | 第1の室 |
| 10 | 第2の室 | 11, 11A | ノズル |
| 12, 12A | 突起 | 13a~13d | 吸入量もしくは吐出量 |
| | | | |
| 14 | ダイアフラムの変形部 | 15 | インサート材 |
| 20 | 16 電気回路 | 17, 18 | 流路 |
| | 基板 | | |
| 19 | マイクロ流路 | 20 | 流体タンク |
| 21 | 洗浄液 | 22 | 試料 |
| 23A, 23B | 分析用試薬 | 24A~24D | フィルタ |
| | | | |
| 25A~25D | マイクロポンプ | 26A, 26B | 混合器 |
| | | | |
| 27 | レーザ分析系 | 28 | 廃液タンク |
| 29 | 流路 | 30 | 絶縁膜 |
| 30 | 31 吐出管 | 32 | 出口管 |
| | | | |
| 33 | 吐出管 | 41~44 | 容器 |

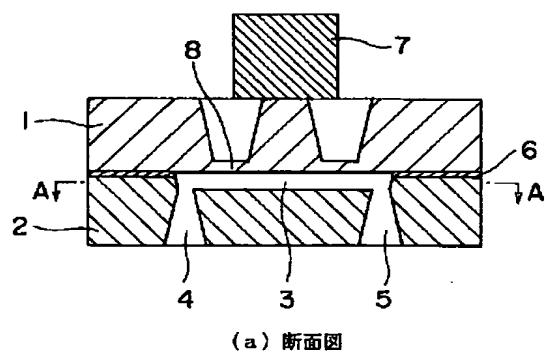
【図3】



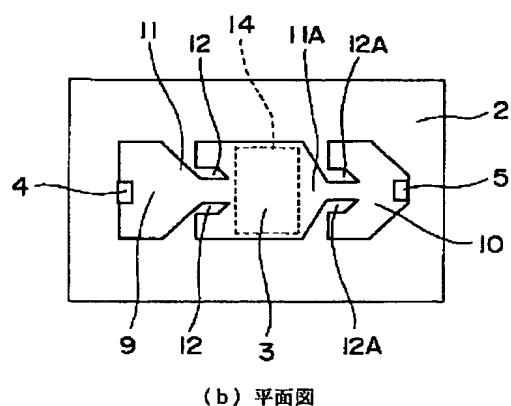
【図4】



【図1】

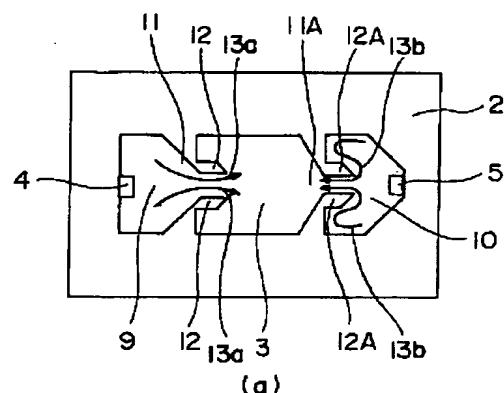


(a) 断面図

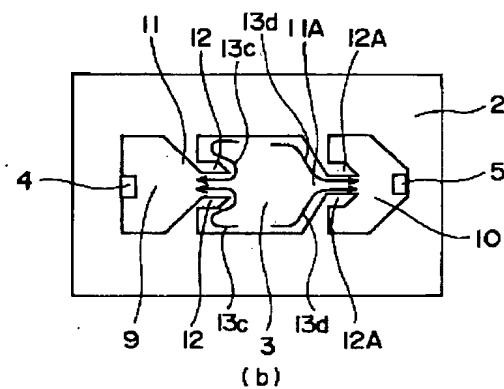


(b) 平面図

【図2】

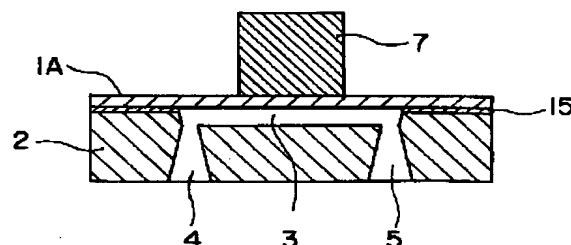


(a)

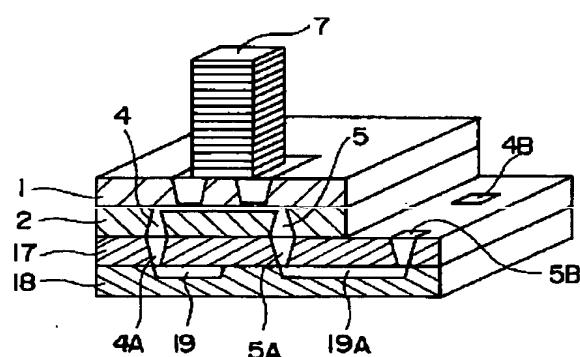


(b)

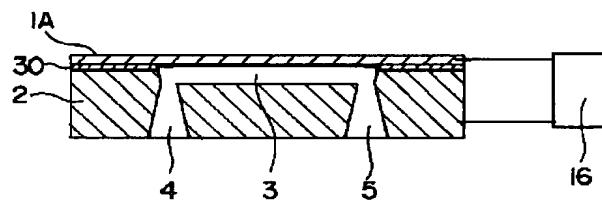
【図5】



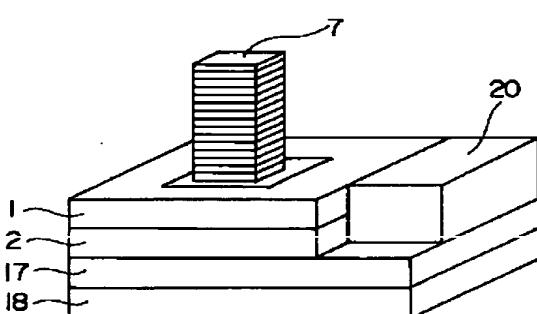
【図7】



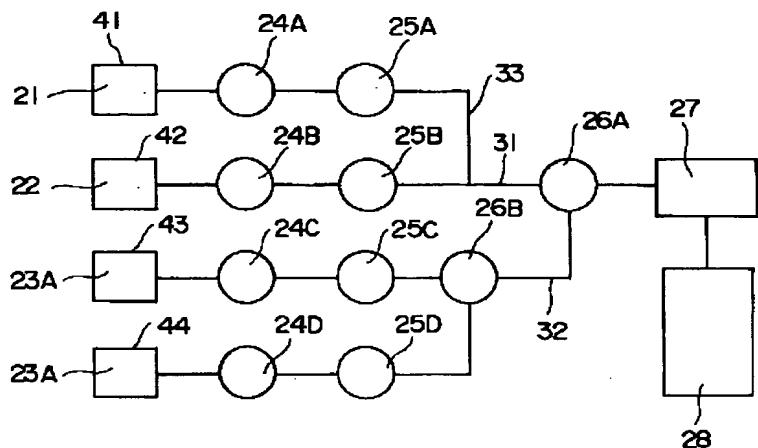
【図6】



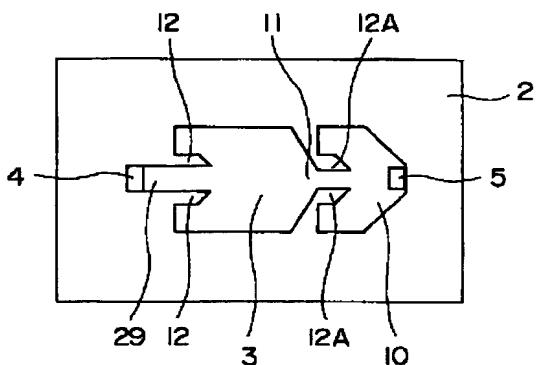
【図8】



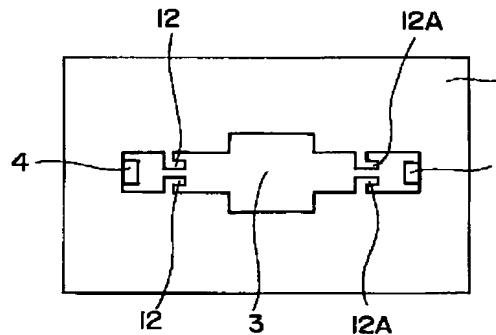
【図9】



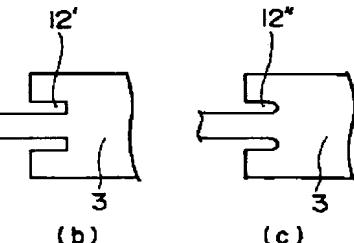
【図10】



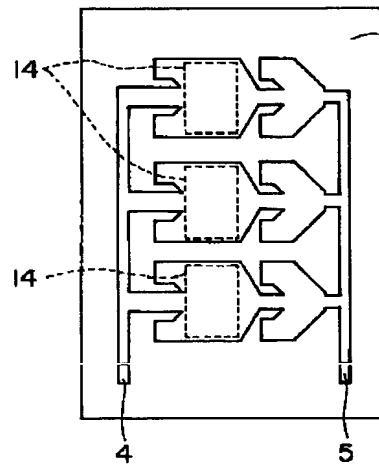
【図11】



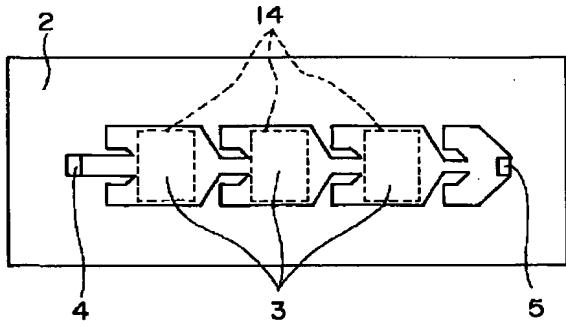
【図12】



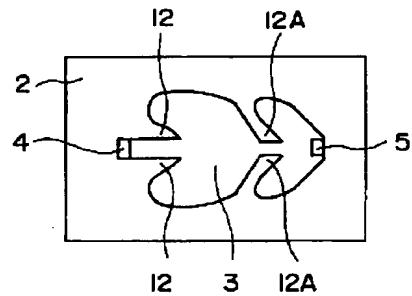
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 三宅 亮

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内